

CA1 HW1179 E39

CA1 HW 1179E39

Canada. DNHW. EHD.

79-EHD-39

AMINES IN STEAM. 1979.

et Bien-être social
da

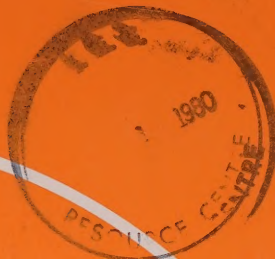
CA1 HW1179 E39

79-EHD-39

amines in steam



3 1761 05688778 9



Earth Sciences Library



AMINES IN STEAM

Environmental Health Directorate
Health Protection Branch

Published by Authority of the Minister
of National Health and Welfare

October 1979

COPIES OF THIS PUBLICATION
MAY BE OBTAINED FROM:

Information Services,
Department of National Health
and Welfare,
5th Floor,
Brooke Claxton Building
Ottawa K1A 0L2

TABLE OF CONTENTS

	<u>Page</u>
INTRODUCTION	1
METHODS OF ANALYSIS	4
Sampling of Steam	4
Preparation of Standards	5
Preparation of Samples	5
Quantitation	5
RESULTS AND DISCUSSIONS	7
Methods of Analysis	7
Analytical Results	8
CONCLUSIONS	12
RECOMMENDATIONS	13
REFERENCES	16



Digitized by the Internet Archive
in 2025 with funding from
University of Toronto

<https://archive.org/details/31761056887789>

FOREWORD

Volatile amines are used fairly extensively in Canada to prevent corrosion in steam generation and distribution systems. In 1977, representatives of the Department of National Health and Welfare met to discuss concerns that amine-bearing steam used in hospitals and other institutions for food preparation, air humidification and medical supply sterilization could present a hazard to health. It was concluded that there was a need to develop methods for the determination of amines in steam samples and to conduct a survey of levels in steam used in several institutions. As a result a contract was awarded to the Ontario Research Foundation.

This report was prepared by staff of the Bureau of Chemical Hazards, Environmental Health Directorate, from contract reports ORF-78-2 and ORF-78-3, which were submitted by the Ontario Research Foundation. Acknowledgement is given to Dr. M. Malaiyandi, the contract supervisor, and to Miss M.E. Meek of the Monitoring and Criteria Division, who were primarily responsible for the preparation of this publication. The assistance of Mr. F.A. Ingram, Health Facilities Design, Health Services Promotion Branch is also gratefully acknowledged. The cooperation of the institutions which participated in this study is greatly appreciated.

SUMMARY

Amines such as morpholine, cyclohexylamine, octadecylamine and diethylaminoethanol are added to boiler water to control corrosion in steam-generating and distribution systems. In order to determine the levels of these amines in steam that is used for humidification, sterilization and food processing, a small survey of amines in steam samples from four hospitals and one food processing plant was conducted. Levels of amines were consistently low in steam sampled in systems in which addition to the boiler water was continuously metered. Levels were highest in a system in which the amine formulation was added daily to the boiler in a single dose, and in a closed-loop low pressure system. Recommendations to minimize exposure to amines used as corrosion inhibitors in steam systems are included.

INTRODUCTION

Feed waters which are used to generate steam for heating, humidification, sterilization and food processing purposes contain alkaline earth metal cations such as calcium, barium and magnesium; anions such as bicarbonate, carbonate, sulfate and phosphate, as well as dissolved oxygen and carbon dioxide. When the concentrations of these cations and anions exceed the solubilities of their double decomposition products, insoluble precipitates are formed. Evaporation of the water phase, changes in pH, pressure or temperature, and induction of nucleation by extraneous inert solids contribute to increased concentrations of cations and anions and to the resulting formation of insoluble precipitates. These scales prevent effective heat transfer and interfere with fluid flow, thereby facilitating corrosive processes and causing extensive and costly damage to boilers and steam distribution systems. The corrosive processes are further accelerated by the dissolved oxygen and carbon dioxide which is carried along with the steam into the distribution lines.

Inhibition of scale formation and resulting corrosion has been successfully accomplished by inactivating the cations by complexation with chelating or sequestering agents, so that the solubility product of the scale forming ions is not exceeded. In 1952, it was demonstrated that amine compounds including morpholine (MOR), cyclohexylamine (CHA), monoethanolamine (MEA), benzylamine (BA) and dimethylaminoethanol (DMAE), effectively inhibited corrosion in steam generation and distribution systems⁽¹⁾. Excellent corrosion prevention is obtained in the pH range of 6.5 to 7.0, at pressures of 100 to 200 p.s.i. and corresponding temperatures of 170 to 210°C. There are two types of corrosion inhibiting amine compounds: neutralizing and filming. Neutralizing amines such as morpholine and cyclohexylamine are alkaline and highly soluble in water, and control corrosion by neutralizing the carbonic acid in the condensed steam. Predominantly filming amines such as octadecylamine and diethylaminoethanol leave the boiler as a gas and condense to form a protective film on the interior surface of the pipes. Formulations that are

currently used as corrosion inhibitors in steam systems generally contain various combinations of octadecylamine (ODA), diethylaminoethanol (DEAE), morpholine (MOR) and cyclohexylamine (CHA). The cessation of the practice of adding amines to boiler water would result in the frequent and costly replacement of pipes.

In institutions such as hospitals, centrally-generated steam can be used for several purposes including air humidification, food preparation and medical supply sterilization. Since the volatile amines are carried throughout the distribution system, there is concern that these compounds, which have been shown to be toxic in a variety of animal species, may be deposited on food during blanching or steam cooking or on medical supplies (such as gauze) during sterilization. As well, critical areas of most hospitals including the operating rooms, nurseries, delivery rooms, recovery rooms and intensive care units are generally provided with a conditioned air supply and in some institutions, the air is humidified by centrally-generated steam. There is also concern that morpholine present in steam used for cooking could react with nitrite in the foodstuffs to form nitrosamines, compounds which are potent animal carcinogens.

In order to determine the concentrations of amines in steam to which humans may be exposed, a small survey of levels of these compounds in condensed steam samples from four hospitals and one food processing plant was conducted by the Ontario Research Foundation, under contract to the Monitoring and Criteria Division of the Department of National Health and Welfare. Depending upon the formulation of the product added to the boiler water in each institution, the steam was analyzed for one or more of the following amines: cyclohexylamine (CHA), morpholine (MOR), diethylaminoethanol (DEAE), or octadecylamine (ODA).

In order to minimize the nonhomogeneity of the sample due to moisture dispersion in the steam^(2,4), sampling was conducted using a tapered single-port nozzle. Deposition of steam-borne impurities on the surface of the nozzle and the

sampling train by impaction was prevented by sampling at a maximum flow rate. Due to the high basicity and polarity of the amine compounds, very few simple and reliable methods for analysis are available. The colorimetric procedure for octadecylamine^(5,6) and gas chromatographic methods⁽⁷⁻¹²⁾ for cyclohexylamine⁽¹³⁾, morpholine⁽¹⁴⁾ and diethylaminoethanol were adequate for purposes of the present study. The determination of diethylaminoethanol by gas chromatography has not been previously investigated, although analysis of its homologues by this method has been reported^(15,16).

METHODS OF ANALYSIS

Sampling of Steam

Superheated steam was sampled through a stainless steel single-port nozzle valve^(2,4,17), installed through the wall of the pipe immediately after the header drum. The inlet of the sampling nozzle was located at the centre of the pipe in a direction opposite to the steam flow, as specified by the ASTM method⁽¹⁸⁾. The steam nozzle was connected with Swagelok^(R) fittings to one end of a 50' x 3/8" o.d., concentric, helically-coiled copper tube, rather than to the recommended stainless steel tube⁽¹⁸⁾. The main body of the copper condensing coil was housed in a bucket which was fed with running cold water. The other end of the condenser was introduced into the collection devices, 125 mL borosilicate Hypo-vials^(R), which had previously been treated with dilute caustic alkali followed by aqueous hydrochloric acid (1:1), rinsed several times with distilled water and stoppered with PTFE-laminated septums and aluminum sealing caps.

Prior to collection, the velocity of steam flow through the sample nozzle and the condenser coil was adjusted to allow the maximum rate of flow of steam in the pipe, in order to obtain a uniform rate of condensation during actual sampling. Before sampling, steam was blown through the collection system to remove any previously deposited material.

At specified time intervals, 120 ± 2 mL aliquots of steam condensate were collected in the Hypo-vials^(R) and immediately acidified with a few drops of 1.0 N aqueous hydrochloric acid to bring the pH to less than 5.0. The Hypo-vials^(R) were then stoppered with PTFE-laminated silicone septums and aluminum sealing caps; the samples were stored at 4-6°C until the analyses were performed.

Preparation of Standards

Reagent grade cyclohexylamine (CHA), morpholine (MOR) and diethylaminoethanol (DEAE), purchased from BDH Chemicals Ltd., Toronto, Ontario, Canada and octadecylamine (ODA), supplied by Matheson Coleman and Bell, East Rutherford, New Jersey, U.S.A., were used, without further purification, for the preparation of standards. Stock solutions of these amines were prepared by accurately weighing appropriate quantities of individual amines into volumetric flasks and making to volume with 0.1 N aqueous hydrochloric acid. The required working standards were obtained by serially diluting the stock solutions with distilled water.

Preparation of Samples

Five millilitre aliquots of the working standard or the steam condensates were transferred into cleaned Hypo-vials^(R) and were basified by adding 5.0 μ L of 12 N aqueous potassium hydroxide to bring the pH to > 10. After thorough mixing, the alkaline solution was immediately analyzed to avoid loss of the analytes.

Quantitation

Octadecylamine was determined by the colorimetric procedure^(5,6,19), using a Cary Model 14 Recording Spectrophotometer. The other amines, CHA, MOR and DEAE, were analyzed directly by aqueous injection gas chromatography using a Varian 1400 series instrument equipped with a flame ionization detector, under the following conditions: column-coiled glass column (2 m x 3 mm i.d.) packed with Tenax GC^(R) (60-80 mesh)⁽¹⁶⁾; column temperatures-190^o (MOR) and 210^o (CHA and DEAE); injection port temperature-250^o; detector temperature - 300^o; carrier gas - purified nitrogen with a flow rate of 25 mL/min; electrometer range and attenuation - 16×10^{-12} amps; and sample size - 5.0 μ L. The flow rates of prepurified hydrogen and filtered air were adjusted for maximum sensitivity. The column was pressure-packed at 10 p.s.i. above the maximum operating head pressure of the carrier gas and conditioned at 250^o for 72 hours before starting the analyses.

Between injections of samples containing the analytes, 5.0 μ L of pure water were injected into the column. Duplicate analyses were performed on each sample and the average of the two values was reported.

The spectrophotometric determination of octadecylamine using methyl orange at pH 3.4 to 3.6 is based on the formation of an ethylenechloride - extractable colored complex having an absorption maximum at 430 nm (Note: No interference from CHA or MOR in concentrations less than 500 mg/L was observed whereas dioctadecylamine would interfere with the estimation of ODA). A linear calibration curve was obtained by plotting absorbances of the standard amine solutions against concentrations ranging from 0.2 to 1.6 mg/L. (Figure 1). The limit of detection of this method was estimated to be 0.1 mg/L.

For the other three amines, CHA, MOR and DEAE, which were determined by gas chromatography after direct injection of aqueous samples, the closest working standard was chosen and interspersed with duplicate injections of each sample. The exact amount of the analyte present in the sample was calculated by comparing the peak areas of the sample (measured using an electronic integrator) with that of the appropriate standard. The precision of the GC method was acceptable at the 4 ppm level. Single operator relative percent standard deviations for the three volatile amines were MOR - 2.8, CHA - 1.8, and DEAE, 3.5.

RESULTS AND DISCUSSION

Methods of Analysis

Sampling methods for steam have been studied extensively by Lawlor and Clarke⁽²⁾ and Fisher and Irons⁽⁴⁾. These authors have advocated the use of tapered sample nozzles located about the periphery of the steam pipe immediately after the header drum, with the nozzle tip facing the direction of flow of the steam; in this way the volatile amines would not be able to segregate before the samples have entered the nozzle. Since high pressure steam was condensed to the liquid state in this study, a single port nozzle was adequate, without loss of efficiency⁽⁴⁾. In order to minimize variation in concentrations of vapour phase inhibitors due to condensation, steam was sampled at the maximum flow rate.

In separate experiments, it was determined that cyclohexylamine interfered with the colorimetric determination of octadecylamine only when the concentration of CHA exceeded 500 mg/L. Concentrations of DEAE up to 1000 mg/L did not affect the determination of ODA. Using the method of Saha et al⁽¹⁶⁾, analysis of a mixture of cyclohexylamine, morpholine and diethylaminoethanol was conducted using Tenax GC packing. When the column temperature was maintained at 170^o, MOR and CHA were well separated and quantitated by integrating the peak areas (Figure 2A). However, the separation of the ternary mixture of MOR, CHA and DEAE was unsatisfactory, for column temperatures between 150-180^oC (Figure 2B). The corrosion inhibitor formulations which were used in the institutions sampled in this study contained DEAE alone or combinations of MOR and CHA or DEAE and ODA. Therefore the determination of diethylaminoethanol by gas chromatography and octadecylamine by colorimetry was satisfactory for the present survey.

Analytical Results

Steam was sampled in four hospitals and one food processing plant, each of which used different formulations of amines under various operating conditions. These operation methods were considered to be representative of those adopted in most institutions. In hospital #1, 8 oz. of a vapour phase inhibitor containing only DEAE were added daily in a single quantity from Monday to Thursday; a single dose of 12 oz. was added for the period from Friday to Sunday. In hospital #2, the formulated amine additive containing only CHA was added in various amounts at irregular intervals (several days apart). In this establishment, samples were taken from a low pressure distribution system since the practice of adding corrosion inhibitors to boilers generating high pressure steam has been discontinued. The results of the analyses for the amines DEAE and CHA in steam samples taken at the first outlet in the distribution system of hospitals #1 and #2, respectively, are presented in Table 1.

TABLE 1

Levels of DEAE and CHA in Steam Condensates from Hospitals #1
(February 15-16, 1978) and #2 (March 21, 1978).

<u>Hospital #1</u>		<u>Hospital #2</u>	
<u>Sampling Time</u>	<u>Amount of DEAE Found (mg/L)</u>	<u>Sampling Time</u>	<u>Amount of CHA Found (mg/L)</u>
4:15 pm (pretreatment)	6.8	8:30 am	12 800
4:45 pm (30 min after treatment)	2 090.0	9:30 am	12 100
		10:30 am	13 900
		11:30 am	10 900
		12:30 pm	10 200
		1:30 pm	10 300
8:00 am	198.4	2:30 pm	13 300
9:00 am	97.2	3:30 pm	10 800
10:00 am	106.0	6:30 pm	10 200
11:00 am	72.2		
12:00 noon	58.7		
3:30 pm	15.2		
4:15 pm (30 min after treatment)	310.0		

In hospital #1, levels of DEAE in the steam were highest in samples taken 30 minutes after addition of the amine to the boiler (2090 and 310 mg/L). Concentrations of amines in steam samples steadily decreased over the 24-hour period after addition. In hospital #2, where samples of steam were taken from a low-pressure closed-loop distribution system, levels of CHA in the steam condensates were extremely high (range, 10 200-13 900 mg/L). These high concentrations of CHA could be due to a minimal loss of steam from the closed-loop system.

In hospital #3, the formulation added to the boiler was composed of a mixture of DEAE and ODA. During 24-hour periods, 5 pounds of concentrated amine solution were continuously metered into the boiler water. Concentrations of DEAE and ODA found in condensed steam samples from hospital #3 are presented in Table 2.

TABLE 2

Levels of DEAE and ODA Found in Steam Sampled on February 22, 1978
from Hospital #3.

<u>Sampling Time</u>	<u>Amine (DEAE) Found (mg/L)</u>	<u>Amine (ODA) Found (mg/L)</u>
9:15 am	4.6	0.12
10:00 am	5.2	0.11
11:00 am	4.5	0.11
12:00 noon	4.2	0.12
1:00 pm	4.0	0.13
3:00 pm	4.5	0.14
4:00 pm	3.4	0.12
5:00 pm	3.6	0.12
7:00 pm	4.0	0.11
	Average $\pm$ 4.2	0.12
	Std. Dev. 0.54	0.01

In hospital #3, the concentrations of amines in the steam samples taken over an 8-hour period were low and fairly constant; levels varied within approximately 20% of the average values of 4.2 mg/L for DEAE and 0.12 mg/L for ODA.

In a central steam generating plant that supplies high pressure steam to several establishments including hospital #4, a mixture of CHA and MOR was continuously metered into the generator at the rate of one pound per 100 000 pounds of steam. The same formulation was added to the feed water of the steam generating plant, which operated under similar conditions at the food processing establishment. The results of the analyses for CHA and MOR in steam condensates from hospital #4 and the food processing plant are presented in Table 3.

TABLE 3

Levels of CHA and MOR in Steam Sampled in Hospital #4 (February 22, 1978) and the Food Processing Plant (February 21, 1978).

<u>Hospital #4</u>			<u>Food Processing Plant</u>		
<u>Sampling Time</u>	<u>Amines Found (mg/L)</u>		<u>Sampling Time</u>	<u>Amines Found (mg/L)</u>	
	<u>CHA</u>	<u>MOR</u>		<u>CHA</u>	<u>MOR</u>
8:30 am	3.0	2.6	9:00 am	2.3	1.8
9:30 am	2.7	2.9	9:30 am	1.1	0.6
11:00 am	2.6	2.4	10:30 am	1.7	1.3
12:00 noon	2.6	2.6	11:30 am	1.9	1.3
1:00 pm	2.9	2.2	12:30 pm	1.2	0.8
2:00 pm	2.8	2.1	1:30 pm	1.7	1.1
3:00 pm	2.6	2.3	2:30 pm	1.2	1.0
4:00 pm	2.6	2.5	3:30 pm	1.8	0.8
6:30 pm	2.7	2.2	4:30 pm	1.7	1.2
Average $\pm$	2.72	2.41		1.62	1.1
Std. Dev.	0.10	0.25		0.39	0.36

The concentrations of CHA and MOR in steam samples taken over an 8-hour period in hospital #4 were low and fairly constant; concentrations did not vary significantly from the average values of 2.72 mg/L for CHA and 2.41 mg/L for MOR. These levels lie close to the limit of detection (1 mg/L) of the method of analysis. It is noteworthy that the volatilities of the two amines are almost identical under the operating conditions of the steam plant. The levels of CHA and MOR in steam

samples from the food processing plant averaged 1.62 and 1.1 mg/L, respectively; these values are somewhat lower than those found in hospital #4, which operated under essentially the same conditions. However, measurement of amines at levels below 2.0 mg/L by this method is not precise; no reliable comparison can be made on the basis of these data.

CONCLUSIONS

The levels of amines were consistently low in steam sampled in the three systems in which addition to the boiler water was continuously metered. In another system in which the amine formulation was added daily to the boiler in a single dose, concentrations of corrosion inhibitor, immediately after addition, were as high as 500 times the average levels (4.2 mg/L) associated with continuously metered addition. Levels were highest in steam sampled from a closed-loop low-pressure system.

Although the steam at the food processing plant does not come into direct contact with food, it is worth noting that the levels of amines in the steam condensates were well below guideline tolerances outlined by the Bureau of Chemical Safety of the Health Protection Branch⁽²⁰⁾. Levels of morpholine measured in the steam condensates at the food processing plant were less than concentrations that have been found to be naturally present in some foodstuffs⁽²¹⁾.

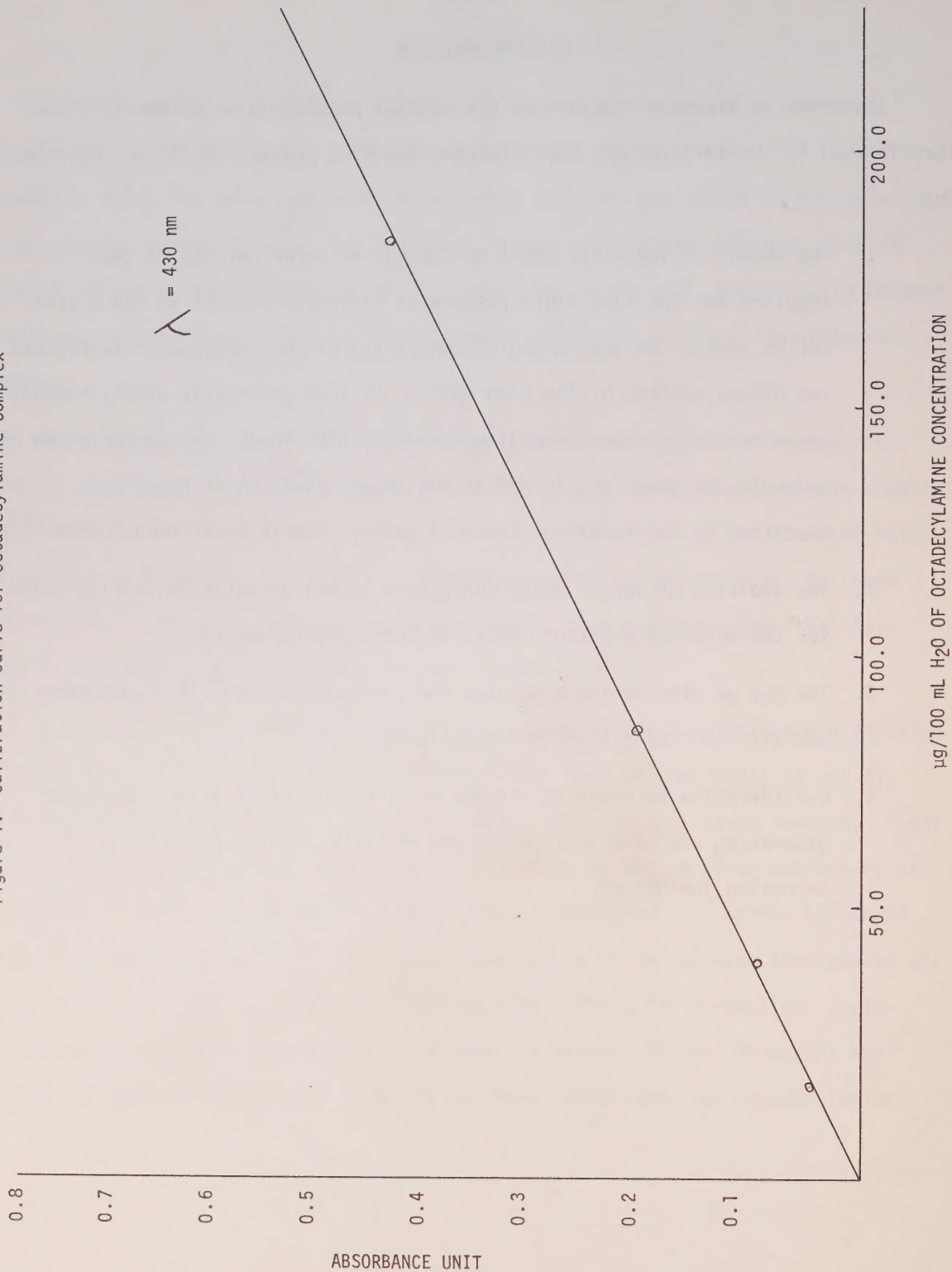
Based on levels measured in steam condensates in the hospitals where addition of the amines to the boiler water was continuously metered (Hospitals #3 and 4), concentrations of amines in steam-humidified air would be well below Threshold Limit Values (TLV) established for some of these compounds by the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)⁽²²⁾. Threshold Limit Values (airborne concentrations which represent conditions under which it is believed that nearly all workers can be repeatedly exposed without adverse effect) for morpholine, cyclohexylamine and diethylaminoethanol are 20 ppm (70 mg/m³), 10 ppm (40 mg/m³) and 10 ppm (50 mg/m³), respectively. No TLV has been established for octadecylamine.

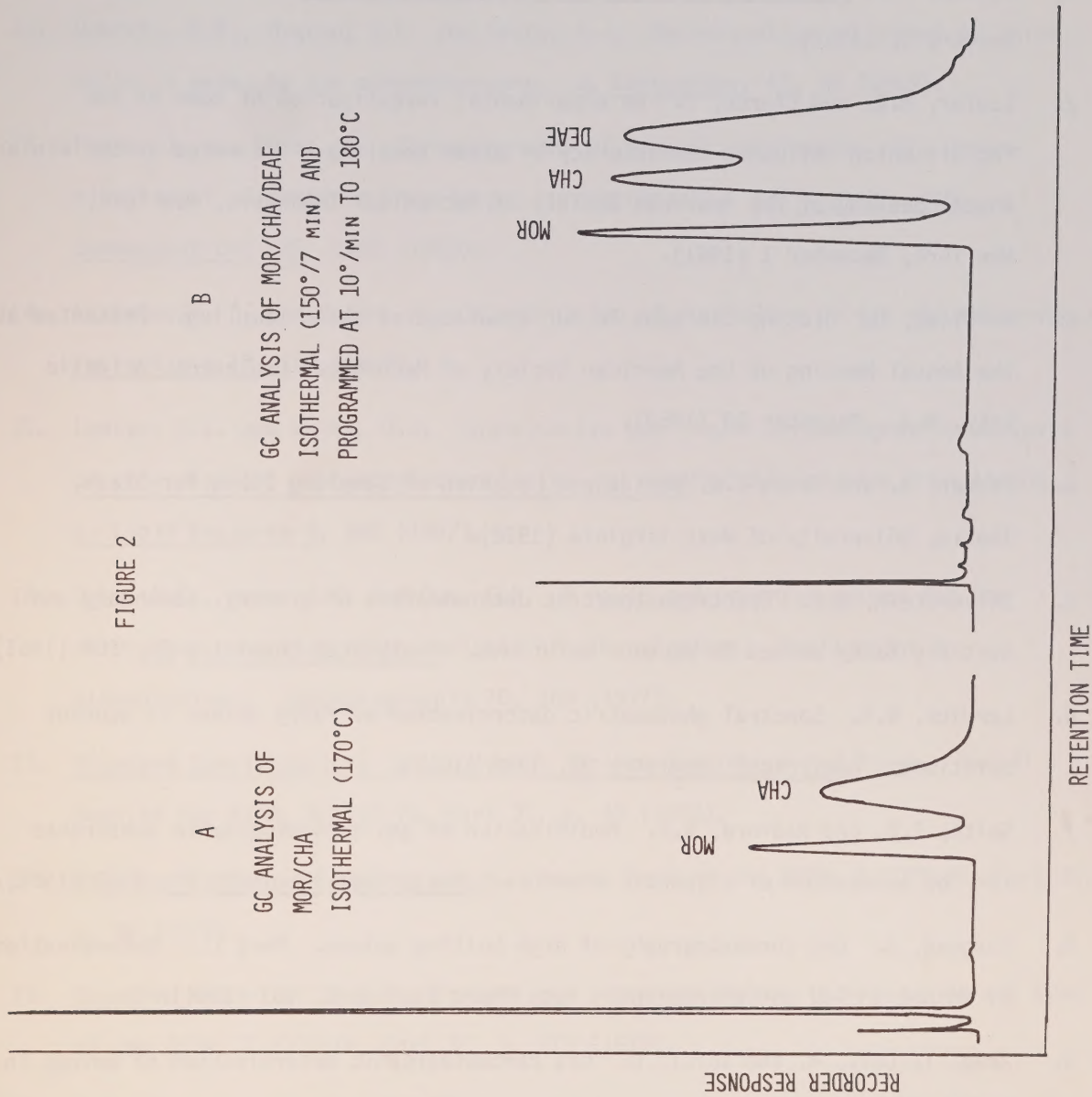
RECOMMENDATIONS

In order to minimize exposure of the general population to amines in steam that is used for humidification, sterilization and food processing, it is suggested that:

1. The amount of inhibitor added to the boiler water not exceed that required for the functional purpose of corrosion control in the distribution system, as determined by monitoring of the carbonate, bicarbonate and oxygen content of the feed water. In food processing establishments where the steam comes into direct contact with food, the concentration of amine in the steam should not exceed those levels which have been specified by the Bureau of Chemical Safety, Health Protection Branch⁽²⁰⁾.
2. The addition of vapour phase inhibitors to boiler water generating steam for the purposes mentioned above be continuously metered.
3. The use of alternative compounds for corrosion control in steam-generating and distribution systems be investigated.
4. Consideration be given to the use of construction materials in steam-generating and distribution systems which do not require the use of corrosion inhibitors.

Figure 1. Calibration Curve for Octadecylamine Complex





BIBLIOGRAPHIE

1. Jacoby, A.L. Prevention of Corrosion in Steam Generation. U.S. Patent 2 580 923, January 1, (1952).
2. Lawlor, M.C. and Clarke, C. An experimental investigation of some of the factors which influence the accuracy of steam sampling. Presented at the Winter Annual Meeting of the American Society of Mechanical Engineers, New York, New York, December 1 (1961).
3. Phillips, H. Closing the gaps in our knowledge of steam sampling. Presented at the Annual Meeting of the American Society of Mechanical Engineers, Atlantic City, N.J., November 29 (1959).
4. Fisher, A. and Irons C.R. Design and Location of Sampling Tubes for Steam. Thesis, University of West Virginia (1938).
5. Silverstein, R.M. Spectrophotometric determination of primary, secondary and tertiary fatty amines in aqueous solutions. Analytical Chemistry 35, 154 (1963).
6. Larrick, R.A. Spectral photometric determination of fatty amines in aqueous solutions. Analytical Chemistry 35, 1760 (1963).
7. Smith, E.D. and Radford, R.D. Modification of gas chromatographic substrates for the separation of aliphatic diamines. Analytical Chemistry 33, 1160 (1961).
8. Vessman, J. Gas chromatography of high boiling amines. Part II. Determination of amines in low concentrations. Acta Pharm Succica 1, 183 (1964).
9. Arad, Y. Levy, M. and Vofsi, D. Gas chromatographic determination of amines in aqueous solutions. J. Chromatogr. 13, 565 (1964).
10. O'Donnell, J.F. and Mann, C.K. Gas chromatographic separation of amines and amides. Analytical Chemistry 36, 2097 (1964).

11. Simonaitis, R.A. and Guvernator, G.C. Adsorption of amines on alkali-modification gas chromatographic substrates. J. Gas Chromatogr. 5, 49 (1967).
12. Umbreit, G.R., Nygren, R.E. and Testa, A.J. Determination of traces of amine salts in water by gas chromatography. J. Chromatogr. 43, 25 (1969).
13. Franc, J. and Wurst, M. Chromatography of organic substances. VII Determination of aliphatic amines by gas chromatography. Coll. Czech. Chem. Communications 25, 2290 (1960).
14. Liekacovic, L. and Vanko, A. Determination of morpholine by gas chromatography. Petrochimia 13, 100 (1973).
15. Lester, R.L. and White, D.C. Quantitative gas liquid chromatographic analysis of ethanolamine, monomethylethanolamine and dimethylethanolamine from lipids. J. Lipid Research 8, 565 (1967).
16. Saha, N.C., Jain, S.K. and Dua, S.K. A rapid and powerful method for the direct gas chromatographic analysis of alkanolamines: Application to ethanolamines. Chromatographia 10, 368 (1977).
17. Standard Specifications for Equipment for Sampling Water and Steam. Annual Book of the ASTM, D-1792-70, Part 31, p. 49 (1978).
18. Standard Method of Sampling Steam. Annual Book of the ASTM, D-1066-74, Part 31, p. 56 (1978).
19. Standard Method of Test for Primary and Secondary Amines in Water. Annual Book of the ASTM, D-2327-74, Part 31, p. 573 (1978).
20. Guidelines for the Use of Boiler Water Additives in Food Processing Establishments. Bureau of Chemical Safety, Health Protection Branch, Department of National Health and Welfare.

21. Singer, G.M. and Lijinsky, W. Naturally occurring nitrosatable compounds. I. Secondary amines in foodstuffs. J. Agric. Food Chem. 24, 550 (1976).
22. Threshold Limit Values for Chemical Substances in Workroom Air Adopted by ACGIH for 1976. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (1976).

LES AMINES DANS LA VAPEUR

Direction de l'hygiène du milieu
Direction générale de la protection de la santé

Publication autorisée par
le Ministre de la Santé nationale
et du Bien-être social

octobre 1979

DES EXEMPLAIRES DE CE RAPPORT
PEUVENT ÊTRE OBTENUS DE LA

Direction de l'information
Ministère de la Santé nationale
et du Bien-être social
5^e étage
Immeuble Brooke Claxton
Ottawa K1A 0L2

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
INTRODUCTION	1
MÉTHODES D'ANALYSE	4
Échantillonnage de la vapeur	4
Préparation des étalons	5
Préparation des échantillons	5
Analyse quantitative	5
RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	7
Méthodes d'analyse	7
Résultats analytiques	8
CONCLUSIONS	12
RECOMMANDATIONS	13
BIBLIOGRAPHIE	16

AVANT-PROPOS

Les amines volatiles sont beaucoup utilisées au Canada pour empêcher la corrosion dans les systèmes de génération et de distribution de vapeur. En 1977, des représentants du ministère de la Santé nationale et du Bien-être social se sont réunis pour examiner les risques que représente la vapeur contaminée par des amines, utilisée dans les hôpitaux et d'autres établissements, pour la préparation des aliments, l'humidification de l'air, ou la stérilisation des fournitures médicales. On en est arrivé à la conclusion qu'il était indispensable de trouver des méthodes pour l'analyse des amines dans des échantillons de vapeur, et de déterminer les concentrations de ces composés dans la vapeur utilisée par divers établissements. À cette fin, on passa un contrat avec la Ontario Research Foundation.

Le présent rapport a été rédigé par le Bureau des dangers des produits chimiques, de la Direction de l'hygiène du milieu, à partir des rapports de contrat ORF-78-2 et ORF-78-3, soumis par la Ontario Research Foundation. Nous tenons à remercier M. Malaiyandi, superviseur au contrat, et Mlle M.E. Meek de la Division de la surveillance et des critères, qui étaient les principaux artisans de l'élaboration du présent document. Nous remercions également pour son aide F.A. Ingram, de la Planification des établissements sanitaires, de la Direction générale des services et de la promotion de la santé. Enfin, nous sommes très reconnaissants aux établissements qui ont participé à la présente étude, pour leur collaboration.

RÉSUMÉ

On ajoute à l'eau des chaudières des amines telles que la morpholine, la cyclohexylamine, l'octadécylamine et le diéthylaminoéthanol, afin de modérer la vitesse de la corrosion dans les systèmes de génération et de distribution de vapeur. Pour déterminer les concentrations de ces amines dans la vapeur utilisée pour l'humidification, la stérilisation, ou la préparation des aliments, on a entrepris une étude à petite échelle portant sur les amines présentes dans des échantillons de vapeur provenant de quatre hôpitaux et d'une usine alimentaire. Les concentrations d'amines étaient toujours faibles dans les échantillons de vapeur prélevés de systèmes où l'addition à l'eau de la chaudière se fait en continu. Les niveaux les plus élevés se retrouvent dans les dispositifs où l'amine était ajoutée quotidiennement à la chaudière en une dose unique, ainsi que dans les systèmes à circuit fermé de basse pression. Ont été incluses des recommandations pour minimiser l'exposition aux amines utilisées comme inhibiteurs de corrosion dans des systèmes pour vapeur.

INTRODUCTION

Les eaux d'alimentation utilisées pour produire de la vapeur servant au chauffage, à l'humidification, à la stérilisation ou à la préparation d'aliments, renferment des cations de métaux alcalinoterreux, comme le calcium, le baryum et le magnésium; des anions comme le bicarbonate, le carbonate, le sulfate et le phosphate, ainsi que de l'oxygène et du bioxyde de carbone dissous. Lorsque la concentration de ces cations et anions dépasse la solubilité de leurs produits de double décomposition, il se forme des précipités insolubles. L'évaporation de la phase aqueuse, les variations de pH, de pression ou de température, et l'induction de nucléation par des particules solides inertes étrangères contribuent aux concentrations accrues de cations et d'anions et, par conséquent, à la formation de précipités insolubles. Ceux-ci nuisent au transfert thermique et gênent l'écoulement des fluides, ce qui facilite la corrosion et endommage gravement les chaudières et les systèmes de distribution de vapeur. Le processus de corrosion se trouve encore accéléré par l'oxygène et le bioxyde de carbone dissous, qui sont véhiculés par la vapeur dans les conduits de distribution.

On a réussi à inhiber la formation de dépôt, et donc à empêcher la corrosion, en inactivant les cations par complexation avec des agents de chélation ou de séquestration, de telle façon que le produit de solubilité des ions formant le dépôt ne soit pas dépassé. En 1952, on a réussi à démontrer que les composés aminés, comme la morpholine (MOR), la cyclohexylamine (CHA), la monoéthanolamine (MEA), la benzylamine (BA) et le diméthylaminoéthanol (DMAE), inhibaient efficacement la corrosion dans les systèmes de génération et de distribution de vapeur⁽¹⁾. Une excellente protection contre la corrosion est obtenue dans l'intervalle de pH de 6.5 à 7.0, à des pressions de 100 à 200 lb/po², et aux températures de 170 à 210°C. Il existe deux types d'amines inhibitrices de la corrosion: celles qui neutralisent et celles qui forment une pellicule. Les amines de neutralisation, comme la morpholine et la cyclohexylamine, sont alcalines et très solubles dans l'eau; elles

empêchent la corrosion en neutralisant l'acide carbonique dans la vapeur condensée. Les amines formant des pellicules, comme l'octadécylamine et le diéthylaminoéthanol, quittent la chaudière sous forme de gaz, puis se condensent en une pellicule protectrice sur la surface interne des tuyaux. Les mélanges utilisés habituellement comme inhibiteurs de corrosion dans les systèmes pour vapeur renferment généralement diverses combinaisons d'octadécylamine (ODA), de diéthylaminoéthanol (DEAE), de morpholine (MOR) et de cyclohexylamine (CHA). L'arrêt de toute addition d'amines à l'eau des chaudières entraînerait de fréquents et coûteux remplacements de tuyaux.

Dans des établissements comme les hôpitaux, la vapeur générée par un système central peut servir à diverses fins, y compris l'humidification de l'air, la préparation des aliments et la stérilisation des fournitures médicales. Comme les amines volatiles sont véhiculées à travers tout le système de distribution, on redoute que ces composés, dont la toxicité a été prouvée chez diverses espèces animales, ne se déposent sur les aliments durant le blanchissage ou la cuisson à la vapeur, ou encore sur les fournitures médicales (par ex. la gaze) lors de la stérilisation. De plus, les zones spéciales de la plupart des hôpitaux, comme les salles d'opérations, les pouponnières, les salles d'accouchements, les salles de repos, et les unités de soins intensifs, possèdent généralement l'air climatisé, cet air étant, dans certains établissements, humidifié avec de la vapeur générée par un système central. On se préoccupe également du fait que la morpholine présente, dans la vapeur servant à la cuisson, puisse réagir avec le nitrite des constituants alimentaires pour former des nitrosamines, composés que l'on sait très cancérigènes pour les animaux. Afin de déterminer les concentrations d'amines dans la vapeur, auxquelles des humains risquent d'être exposés, une étude à petite échelle de la concentration de ces composés dans des échantillons de vapeur condensée provenant de quatre hôpitaux et d'une usine alimentaire, a été entreprise par la Ontario Research Foundation, grâce à un contrat passé avec la Division de la surveillance et des

critères, du ministère de la Santé nationale et du Bien-être social. Selon la composition du produit ajouté à l'eau de la chaudière dans chaque établissement, la vapeur a été analysée pour l'une ou plusieurs des amines suivantes: cyclohexylamine (CHA), morpholine (MOR), diéthylaminoéthanol (DEAE), ou octadécylamine (ODA).

Pour minimiser l'hétérogénéité de l'échantillon, due à la dispersion de l'humidité dans la vapeur^(2,4), on a effectué l'échantillonnage à l'aide d'une tuyère effilée à orifice simple. Le dépôt d'impuretés véhiculées par la vapeur à la surface de la tuyère et du train d'échantillonnage a été évité en prélevant les échantillons à débit maximal. En raison du caractère fortement basique et polaire des composés aminés, il n'existe que peu de méthodes simples et sûres pour l'analyse. La technique colorimétrique pour l'octadécylamine^(5,6) et la chromatographie en phase gazeuse⁽⁷⁻¹²⁾ pour la cyclohexylamine⁽¹³⁾, la morpholine⁽¹⁴⁾ et le diéthylaminoéthanol étaient parfaitement adaptées à la présente étude. L'analyse du diéthylaminoéthanol par chromatographie en phase gazeuse n'a pas fait l'objet de recherches antérieures, mais on signale l'utilisation de cette méthode pour le dosage d'homologues^(15,16).

MÉTHODES D'ANALYSE

Échantillonnage de la vapeur

La vapeur surchauffée a été échantillonnée à l'aide d'une tuyère en acier inoxydable à orifice simple^(2,4,17) montée sur la paroi du tuyau, immédiatement après le collecteur. L'entrée de la tuyère était située au centre du tuyau, dans le sens contraire de l'écoulement de la vapeur, conformément à la méthode ASTM qui en traite⁽¹⁸⁾. La tuyère à vapeur était reliée par des raccords Swagelok^(R) à l'une des extrémités d'un serpentin en cuivre, concentrique, de 50' x 3/8" (diamètre externe), plutôt qu'un tube en acier inoxydable tel que recommandé⁽¹⁸⁾. Le corps principal du serpentin de refroidissement en cuivre était immergé dans un bac à circulation d'eau froide. L'autre extrémité du réfrigérant plongeait dans les récipients de prélèvement, des fioles Hypo^(R) en borosilicate de 125 mL, traitées préalablement par une solution alcaline diluée, puis par une solution d'acide chlorhydrique (1:1), et enfin rincées plusieurs fois avec de l'eau distillée, pour être finalement bouchées par des cloisons laminées (PTFE), et scellées à l'aide de capsules en aluminium.

Avant le prélèvement, on a réglé le débit de la vapeur à travers la tuyère d'échantillonnage et le serpentin de refroidissement, de façon à obtenir le débit maximal de vapeur dans le tuyau, et ainsi arriver à une vitesse uniforme de condensation lors de l'échantillonnage proprement dit. Avant celui-ci, on a fait passer de la vapeur à travers le système de prélèvement pour éliminer tout dépôt antérieur.

À des intervalles de temps donnés, des fractions de 120 ± 2 mL de produit de condensation de la vapeur étaient recueillies dans les fioles Hypo, et immédiatement acidifiées par quelques gouttes d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique 1.0 N, de façon à ramener le pH à moins de 5.0. On a ensuite bouché

les fioles Hypo à l'aide de cloisons en silicone laminées (PTFE) et de capsules en aluminium; les échantillons ont été conservés à 4-6°C jusqu'au moment de l'analyse.

Préparation des étalons

Pour la préparation des étalons, on a utilisé, sans purification ultérieure, les produits de qualité réactive suivants: cyclohexylamine (CHA), morpholine (MOR) et diéthylaminoéthanol (DEAE), de chez BDH Chemicals Ltd (Toronto, Ontario), et octadécylamine (ODA) obtenu chez Matheson Coleman and Bell (East Rutherford, New Jersey, U.S.A.). On a constitué des solutions-mères de ces amines en pesant individuellement des quantités exactes de ces produits dans des fioles jaugées et en complétant au volume à l'aide d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique 0.1 N. Les étalons pour l'analyse ont été préparés par dilution en série des solutions-mères avec l'eau distillée.

Préparation des échantillons

On a transféré des fractions de cinq millilitres de l'étalon d'analyse ou des produits de condensation de la vapeur dans des fioles Hypo propres; puis, on les a rendues basiques par addition de 5.0 μ L d'une solution aqueuse d'hydroxyde de potassium 12N, jusqu'à pH > 10. Après un brassage énergique, la solution alcaline a été immédiatement analysée pour éviter toute perte de produit d'analyse.

Analyse quantitative

L'octadécylamine a été analysée par la méthode colorimétrique^(5,6,19), au moyen d'un spectrophotomètre enregistreur Cary Modèle 14. Les autres amines, CHA, MOR, et DEAE, ont été analysées directement par chromatographie en phase gazeuse à injection aqueuse, à l'aide d'un appareil de la série Varian 1400, équipé d'un détecteur à ionisation de flamme, dans les conditions suivantes: colonne-serpentin en verre (2 m x 3 mm d.i.) garnie de Tenax GC (60-80 mailles)⁽¹⁶⁾; températures de colonne 190° (MOR), et 210° (CHA et DEAE); température de l'orifice d'injection 250°; température du détecteur 300°; gaz porteur - azote purifié

à un débit de 25 mL/min; intervalle et amplitude de l'électromètre 16×10^{-12} A; taille de l'échantillon 5.0 L. On a réglé les débits de l'hydrogène préalablement purifié et de l'air filtré à sensibilité maximale. La colonne a été garnie sous pression à 10 lb/po² au-dessus de la pression maximale de fonctionnement de la colonne pour le gaz porteur, et conditionnée à 250°C pendant 72 heures avant le début des analyses. Entre les injections d'échantillons renfermant les produits à analyser, on faisait passer 5.0 L d'eau pure dans la colonne. Chaque échantillon a fait l'objet de deux analyses, la moyenne des deux valeurs étant donnée comme résultat. L'analyse par spectrophotométrie de l'octadécylamine à l'aide de méthylorange, à un pH de 3.4 à 3.6, est fondée sur la formation d'un complexe coloré extractible par le chlorure d'éthylène et présentant une absorption maximale à 430 nm (Remarque: on n'a observé aucune interférence du CHA ou du MOR à des concentrations inférieures à 500 mg/L, alors que la dioctadécylamine peut interférer dans la détermination de l'ODA). Une courbe d'étalonnage linéaire a été obtenue en portant les densités optiques des solutions étalons d'amines en fonction des concentrations allant de 0.2 à 1.6 mg/L (Figure 1). La limite de détection par cette méthode est évaluée à 0.1 mg/L.

Pour les trois autres amines, CHA, MOR et DEAE, qui ont été analysées par chromatographie en phase gazeuse après injection directe des solutions aqueuses d'échantillons, on a choisi l'étalon d'analyse le plus proche, lequel a été intercalé entre les deux injections d'un même échantillon. On a déterminé la quantité exacte du composé présent dans l'échantillon en comparant les surfaces des pics de l'échantillon et de l'étalon correspondant (mesurées à l'aide d'un intégrateur électronique). La précision de la méthode CPG se situait à 4 ppm. Les écarts-types en pourcentage pour un opérateur unique s'établissaient comme suit: MOR - 2.8; CHA - 1.8; et DEAE + 3.5.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Méthodes d'analyse

Les méthodes d'échantillonnage de la vapeur ont fait l'objet d'études approfondies de la part de Lawlor et Clarke⁽²⁾, ainsi que Fisher et Irons⁽⁴⁾. Ces auteurs ont recommandé l'utilisation de tuyères d'échantillonnage effilées, montées à la périphérie du tuyau pour la vapeur, immédiatement après le collecteur, l'extrémité de la tuyère faisant face à l'écoulement de la vapeur; de cette façon, les amines volatiles ne peuvent se séparer avant l'entrée des échantillons dans la tuyère. Comme dans la présente étude il y avait condensation de vapeur à haute pression, une tuyère à orifice simple était suffisante⁽⁴⁾. Afin de minimiser les variations de concentration des inhibiteurs de la phase vapeur, dues à la condensation, la vapeur était échantillonnée à débit maximal.

Lors d'expériences séparées, on a constaté qu'il y avait interférence de la cyclohexylamine dans l'analyse colorimétrique de l'octadécylamine uniquement lorsque la concentration de CHA dépassait 500 mg/L. Des concentrations de DEAE allant jusqu'à 1000 mg/L n'avaient aucun effet sur l'analyse d'ODA. Grâce à la méthode de Saha et coll.⁽¹⁶⁾, on a pu analyser un mélange de cyclohexylamine, de morpholine et de diéthylaminoéthanol par CPG avec un garnissage à base de Tenax. Pour une température de colonne maintenue à 170°C, la séparation et la détermination quantitative par intégration des pics se faisaient aisément pour MOR et CHA (Figure 2A). Cependant, le fractionnement des mélanges ternaires de MOR, CHA et DEAE était médiocre à des températures de colonne situées entre 150 et 180°C (Figure 2B). Les inhibiteurs de corrosion utilisés dans les établissements ayant fait l'objet d'échantillonnages pour la présente étude, renfermaient du DEAE seul, ou des combinaisons soit de MOR et CHA, soit de DEAE et ODA. C'est pourquoi l'analyse du diéthylaminoéthanol par chromatographie en phase gazeuse, et de l'octadécylamine par colorimétrie, a donné des résultats satisfaisants pour la présente étude.

Résultats analytiques

On a échantillonné la vapeur dans quatre hôpitaux et une usine alimentaire, chacun de ces établissements utilisant différents mélanges d'amines, selon divers modes opératoires. Il semble que dans la plupart des établissements, on retrouve ces mêmes modes de fonctionnement. Dans l'hôpital n° 1, on ajoutait quotidiennement du lundi au jeudi, chaque fois en dose unique, 8 onces d'inhibiteur en phase gazeuse contenant seulement du DEAE; de vendredi à dimanche, une dose unique de 12 onces était injectée. Dans l'hôpital n° 2, le mélange aminé ne renfermant que CHA était introduit en quantités variables à intervalles irréguliers (de plusieurs jours). Dans cet établissement, on prélevait des échantillons dans un système de distribution basse pression, du fait que l'addition d'inhibiteurs de corrosion dans les chaudières produisant de la vapeur haute pression avait été interrompue. Le Tableau 1 présente les résultats des analyses pour les amines DEAE et CHA dans les échantillons de vapeurs prélevés à la première sortie du système de distribution respectivement des hôpitaux n° 1 et n° 2.

TABLEAU 1

Concentrations de DEAE et CHA dans les produits de condensation de la vapeur des hôpitaux n° 1 (15-16 février 1978) et n° 2 (21 mars 1978)

<u>Hôpital n° 1</u>		<u>Hôpital n° 2</u>	
<u>Heure d'échantillonnage</u>	<u>Quantité de DEAE décelée (mg/L)</u>	<u>Heure d'échantillonnage</u>	<u>Quantité de CHA décelée (mg/L)</u>
16h15 (prétraitement)	6.8	8h30	12 800
16h45 (30 min après traitement)	2090.0	9h30	12 100
		10h30	13 900
		11h30	10 900
		12h30	10 200
		13h30	10 300
8h	198.4	14h30	13 300
9h	97.2	15h30	10 800
10h	106.0	18h30	10 200
11h	72.2		
12h	58.7		
15h30	15.2		
16h15 (30 min après traitement)	310.0		

Dans l'hôpital n° 1, la concentration de DEAE dans la vapeur était maximale dans les échantillons prélevés trente minutes après l'introduction de l'amine dans la chaudière (2090 et 310 mg/L). Les concentrations des amines dans les échantillons de vapeur ont baissé régulièrement pendant la période de 24 heures suivant l'addition. Dans l'hôpital n° 2, où les échantillons de vapeur provenaient d'un système de distribution basse pression à circuit fermé, les concentrations de CHA dans les produits de condensation de la vapeur étaient extrêmement élevées (10 200 à 13 900 mg/L). Ces fortes concentrations de CHA pourraient être dues aux pertes minimales de vapeur par un système à circuit fermé.

Dans l'hôpital n° 3, le composé introduit dans la chaudière était un mélange de DEAE et ODA. Sur une période de 24 heures, 5 livres d'une solution concentrée d'amines étaient ajoutées en continu à l'eau de la chaudière. Le Tableau 2 présente les concentrations de DEAE et ODA déterminées dans les échantillons de vapeur condensée provenant de l'hôpital n° 3.

TABLEAU 2

Concentrations de DEAE et d'ODA mesurées dans la vapeur échantillonnée le 22 février 1978 à l'hôpital n° 3.

<u>Heure d'échantillonnage</u>	<u>Amine (DEAE) décelée (mg/L)</u>	<u>Amine (ODA) décelée (mg/L)</u>
9h15	4.6	0.12
10h	5.2	0.11
11h	4.5	0.11
12h	4.2	0.12
13h	4.0	0.13
15h	4.5	0.14
16h	3.4	0.12
17h	3.6	0.12
19h	4.0	0.11
Moyenne	4.2	0.12
± écart-type	0.54	0.01

Dans l'hôpital n° 3, les concentrations d'amines dans les échantillons de vapeur prélevés sur une période de 8 heures étaient faibles et relativement constantes; les concentrations fluctuaient environ de 20 p. 100 autour des valeurs moyennes de 4.2 mg/L pour DEAE et 0.12 mg/L pour ODA.

Dans une usine à système central de génération de vapeur qui fournit de la vapeur haute pression à plusieurs établissements, y compris l'hôpital n° 4, on introduisait en continu dans le générateur un mélange de CHA et MOR, au taux de 1 livre par 100 000 livres de vapeur. Le même mélange était ajouté à l'eau d'alimentation de l'usine de vapeur qui fonctionnait dans des conditions semblables dans l'établissement de produits alimentaires. Le Tableau 3 présente les résultats des analyses pour CHA et MOR dans les produits de condensation de la vapeur, provenant de l'hôpital n° 4 et de l'usine alimentaire.

TABLEAU 3

Concentrations de CHA et MOR dans la vapeur échantillonnée à l'hôpital n° 4 (22 février 1978) et l'usine alimentaire (21 février 1978).

<u>Hôpital n° 4</u>			<u>Usine alimentaire</u>		
<u>Heure d'échantillonnage</u>	<u>Amines décelées (mg/L)</u>		<u>Heure d'échantillonnage</u>	<u>Amines décelées (mg/L)</u>	
	<u>CHA</u>	<u>MOR</u>		<u>CHA</u>	<u>MOR</u>
8h30	3.0	2.6	9h	2.3	1.8
9h30	2.7	2.9	9h30	1.1	0.6
11h	2.6	2.4	10h30	1.7	1.3
12h	2.6	2.6	11h30	1.9	1.3
13h	2.9	2.2	12h30	1.2	0.8
14h	2.8	2.1	13h30	1.7	1.1
15h	2.6	2.3	14h30	1.2	1.0
16h	2.6	2.5	15h30	1.8	0.8
18h30	2.7	2.2	16h30	1.7	1.2
Moyenne	2.72	2.41		1.62	1.1
± écart-type	0.10	0.25		0.39	0.36

Les concentrations de CHA et MOR dans les échantillons de vapeur prélevés sur une période de 8 heures à l'hôpital n° 4 étaient faibles et relativement constantes; elles ne s'écartaient pas sensiblement des valeurs moyennes de 2.72 mg/L pour CHA et 2.41 mg/L pour MOR. Ces concentrations étaient proches de la limite de détection (1 mg/L) de la méthode d'analyse. Il faut remarquer que les deux amines ont une volatilité à peu près identique dans les conditions de fonctionnement de l'usine de vapeur. Les concentrations moyennes de CHA et MOR dans les échantillons de vapeur provenant de l'usine alimentaire étaient respectivement de 1.62 et 1.1 mg/L; ces valeurs sont un peu plus faibles que celles constatées à l'hôpital N° 4 qui fonctionnait à peu près dans les mêmes conditions. Cependant, l'analyse des amines à des concentrations inférieures à 2.0 mg/L par cette méthode n'est pas précise; il n'est pas possible d'effectuer une étude comparative fiable à partir de ces données.

CONCLUSIONS

La concentration des amines était toujours faible dans les échantillons de vapeur provenant des trois systèmes où l'addition à l'eau de la chaudière se faisait en continu. Dans un autre système, où le mélange aminé était ajouté quotidiennement à la chaudière en dose unique, la concentration de l'inhibiteur de corrosion était très élevée immédiatement après l'addition, atteignant 500 fois le niveau moyen (4.2 mg/L) enregistré dans le cas de l'addition en continu. C'est dans le système basse pression à circuit fermé que l'on a noté les concentrations les plus élevées dans les échantillons de vapeur.

Bien que la vapeur à l'usine alimentaire ne vienne pas en contact direct avec les aliments, il faut souligner que les concentrations des amines dans les produits de condensation de la vapeur étaient sensiblement inférieures aux niveaux de tolérance proposés par le Bureau d'innocuité des produits chimiques, de la Direction générale de la protection de la santé⁽²⁰⁾. Les concentrations de morpholine déterminées dans les produits de condensation de la vapeur à l'usine alimentaire étaient inférieures à celles décelées à l'état naturel dans certains produits alimentaires⁽²¹⁾.

Si on se base sur les concentrations mesurées dans les produits de condensation de la vapeur des hôpitaux où l'addition des amines à l'eau de la chaudière se fait en continu (hôpitaux n^{os} 3 et 4), les concentrations des amines dans l'air humidifié à la vapeur se situeraient bien en dessous des valeurs limites seuil (TLV) définies pour certains de ces composés par la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)⁽²²⁾. Les valeurs limites seuil (c'est-à-dire les concentrations dans l'air qui ne représentent aucune menace pour un ouvrier se trouvant exposé de façon chronique) dans le cas de la morpholine, de la cyclohexylamine et du diéthylaminoéthanol, sont respectivement de 20 ppm (70 mg/m³), 10 ppm (40 mg/m³) et 10 ppm (50 mg/m³). Il n'existe pas de TLV pour l'octadécylamine.

RECOMMANDATIONS

Afin de minimiser l'exposition de la population en général aux amines dans la vapeur utilisée pour l'humidification, la stérilisation ou la préparation alimentaire, on propose les mesures suivantes:

1. Ajouter à l'eau de la chaudière juste assez d'inhibiteur pour prévenir la corrosion dans le système de distribution; cette quantité d'inhibiteur sera déterminée par la mesure de la concentration de carbonate, bicarbonate et oxygène de l'eau d'alimentation. Dans les usines d'alimentation où la vapeur vient en contact direct avec les produits, maintenir la concentration des amines dans la vapeur en dessous de celle recommandée par le Bureau d'innocuité des produits chimiques de la Direction générale de la protection de la santé⁽²⁰⁾.
2. Ajouter les inhibiteurs (phase vapeur) à l'eau de chaudière produisant de la vapeur aux fins mentionnées ci-devant, en régime continu.
3. Entreprendre des recherches sur l'utilisation d'autres composés pour prévenir la corrosion dans les systèmes de production et de distribution de vapeur.
4. Pour la construction des systèmes de production et de distribution de vapeur, envisager l'emploi de matériaux ne nécessitant pas l'utilisation d'inhibiteurs de corrosion.

Figure 1. Courbe d'étalonnage pour le complexe d'octadécylamine

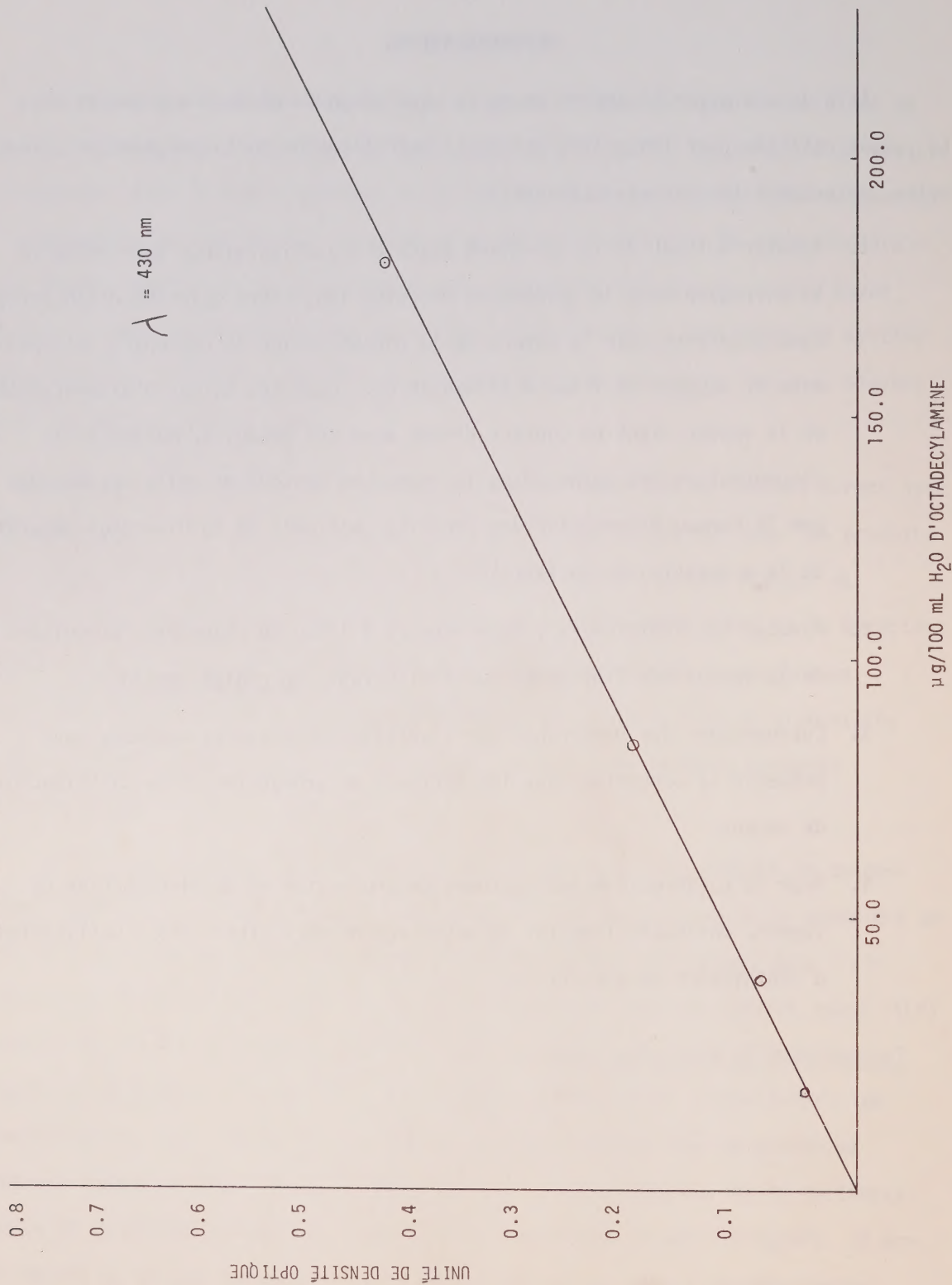
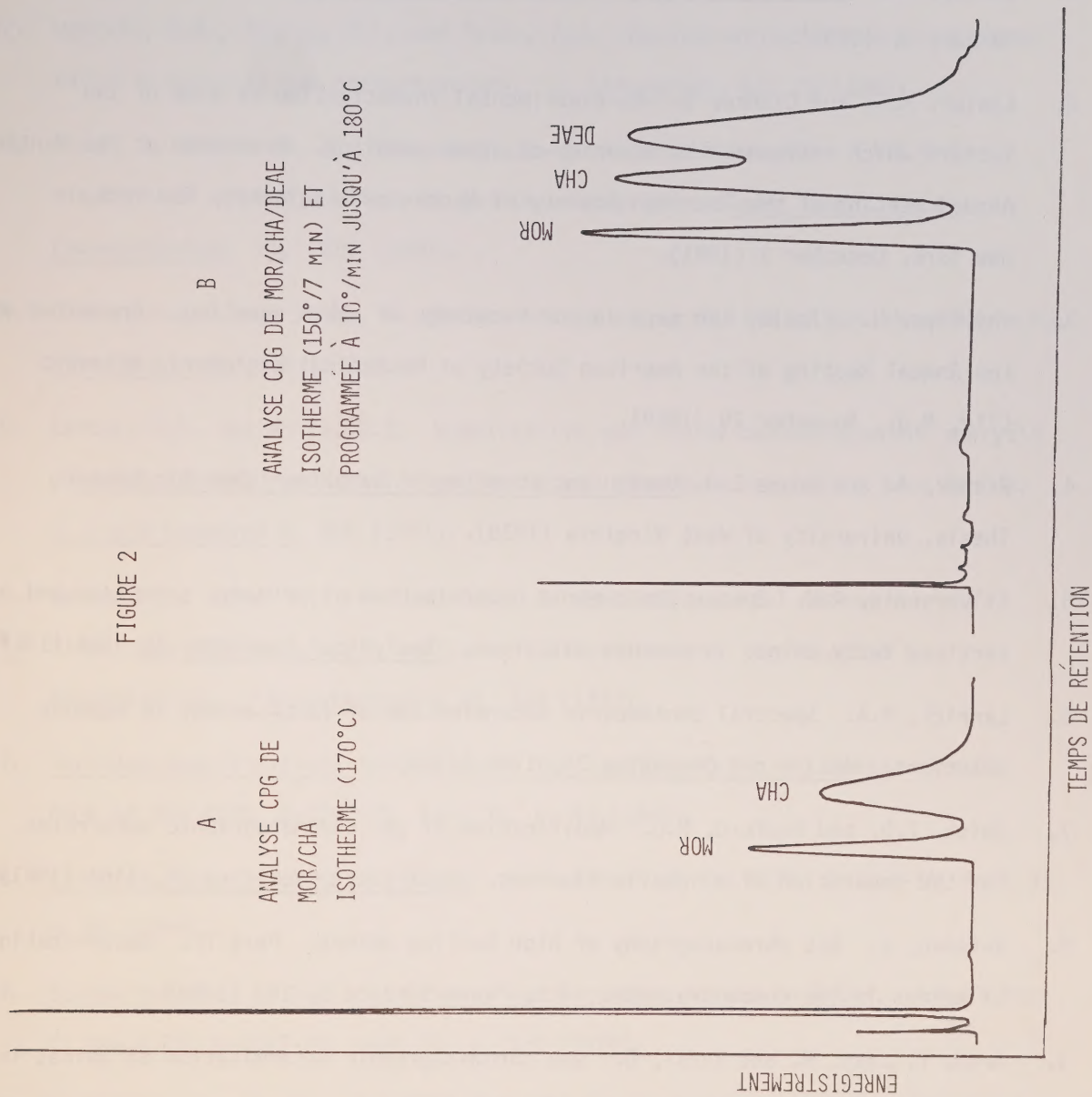


FIGURE 2



REFERENCES

1. Jacoby, A.L. Prevention of Corrosion in Steam Generation. U.S. Patent 2 580 923, January 1, (1952).
2. Lawlor, M.C. and Clarke, C. An experimental investigation of some of the factors which influence the accuracy of steam sampling. Presented at the Winter Annual Meeting of the American Society of Mechanical Engineers, New York, New York, December 1 (1961).
3. Phillips, H. Closing the gaps in our knowledge of steam sampling. Presented at the Annual Meeting of the American Society of Mechanical Engineers, Atlantic City, N.J., November 29 (1959).
4. Fisher, A. and Irons C.R. Design and Location of Sampling Tubes for Steam. Thesis, University of West Virginia (1938).
5. Silverstein, R.M. Spectrophotometric determination of primary, secondary and tertiary fatty amines in aqueous solutions. Analytical Chemistry 35, 154 (1963).
6. Larrick, R.A. Spectral photometric determination of fatty amines in aqueous solutions. Analytical Chemistry 35, 1760 (1963).
7. Smith, E.D. and Radford, R.D. Modification of gas chromatographic substrates for the separation of aliphatic diamines. Analytical Chemistry 33, 1160 (1961).
8. Vessman, J. Gas chromatography of high boiling amines. Part II. Determination of amines in low concentrations. Acta Pharm Succica 1, 183 (1964).
9. Arad, Y. Levy, M. and Vofsi, D. Gas chromatographic determination of amines in aqueous solutions. J. Chromatogr. 13, 565 (1964).
10. O'Donnell, J.F. and Mann, C.K. Gas chromatographic separation of amines and amides. Anlytical Chemistry 36, 2097 (1964).

11. Simonaitis, R.A. and Guvernator, G.C. Adsorption of amines on alkali-modification gas chromatographic substrates. J. Gas Chromatogr. 5, 49 (1967).
12. Umbreit, G.R., Nygren, R.E. and Testa, A.J. Determination of traces of amine salts in water by gas chromatography. J. Chromatogr. 43, 25 (1969).
13. Franc, J. and Wurst, M. Chromatography of organic substances. VII Determination of aliphatic amines by gas chromatography. Coll. Czech. Chem. Communications 25, 2290 (1960).
14. Liekacovic, L. and Vanko, A. Determination of morpholine by gas chromatography. Petrochimia 13, 100 (1973).
15. Lester, R.L. and White, D.C. Quantitative gas liquid chromatographic analysis of ethanolamine, monomethylethanolamine and dimethylethanolamine from lipids. J. Lipid Research 8, 565 (1967).
16. Saha, N.C., Jain, S.K. and Dua, S.K. A rapid and powerful method for the direct gas chromatographic analysis of alkanolamines: Application to ethanolamines. Chromatographia 10, 368 (1977).
17. Standard Specifications for Equipment for Sampling Water and Steam. Annual Book of the ASTM, D-1792-70, Part 31, p. 49 (1978).
18. Standard Method of Sampling Steam. Annual Book of the ASTM, D-1066-74, Part 31, p. 56 (1978).
19. Standard Method of Test for Primary and Secondary Amines in Water. Annual Book of the ASTM, D-2327-74, Part 31, p. 573 (1978).
20. Guidelines for the Use of Boiler Water Additives in Food Processing Establishments. Bureau d'innocuité des produits chimiques, Direction générale de la protection de la santé, ministère de la Santé nationale et du Bien-être social.

21. Singer, G.M. and Lijinsky, W. Naturally occurring nitrosatable compounds. I. Secondary amines in foodstuffs. J. Agric. Food Chem. 24, 550 (1976).
22. Threshold Limit Values for Chemical Substances in Workroom Air Adopted by ACGIH for 1976. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (1976).

CA1 HW 1179E39
Canada. DNH. EHD.
79-EHD-39
AMINES IN STEAM. 1979.

**RESOURCE CENTRE
INST. FOR ENVIRON'L. STUDIES
UNIVERSITY OF TORONTO**



79-EHD-39

les amines dans la vapeur

